

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В. Гондлях**

«_____» _____ 2019 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.050503 - Машинобудування (6.050502 - Інженерна механіка)
на тему: Устаткування для грануляції з модернізацією формуючої головки

Виконав (-ла) студент (-ка) IV курсу, групи ЛП-51-1
(шифр групи)

Артем'єва Ірина Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник к.т.н., доц., Сідоров Д.Е.
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти з розділів:

ОХОРОНА ПРАЦІ доц., к.т.н. Ковтун І. Н.

МОДЕРНІЗАЦІЯ д.т.н. проф. Щербина В. Ю.

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ ст. вик. Борщик С. О.

РЕЦЕНЗЕНТ _____
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ 2019 рік

Національний технічний університет України

„Київський політехнічний інститут”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра _____ хімічного, полімерного і силікатного машинобудування _____

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність __6.050502- інженерна механіка (6.050503 - машинобудування) _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.В. Гондлях**

« _____ » _____ 2019 р

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Артем'єва Ірина Сергіївна

(П.І.Б.)

1. Тема проекту __Устаткування для грануляції з модернізацією формуючої головки

керівник проекту __Сідоров Д.Е.

затверджена наказом по університету від « _____ » _____ 201 р. № _____

2. Строк подання студентом проекту « _____ » _____ 201 р. _____

3. Вихідні дані до проекту _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

6. Консультанти розділів проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| ТБ та ОП | доц. Ковтун І.М. | | |
| Модернізація | д.т.н., проф.. Щербина В.Ю. | | |
| Тех. маш. | ст.викл. Борщик С.О. | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання:

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту | Строк виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|----------|
| 1. | Отримання завдання для дипломного проекту. | | |
| 2. | Проходження переддипломної практики. | | |
| 3. | Здійснення пошуку патентів. Виконання кінематичних та параметричних розрахунків. | | |
| 4. | Обґрунтування модернізації. | | |
| 5. | Підготовка розділу «Пояснювальна записка» | | |
| 6. | Виконання розрахунків. | | |
| 7. | Підготовка розділу «Розрахунки» | | |
| 8. | Підготовка розділу «Технологія виготовлення деталі і монтажу вузла» | | |
| 9. | Робота над кресленнями в CAD-системах . | | |
| 10. | Захист дипломного проекту | | |

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

"Устаткування для грануляції з модернізацією формуючої головки".
Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямком підготовки 6.050503 «Машинобудування» (програма професійного спрямування «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів») «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник: Сідоров Д.Е., Виконавець: Артем'єва І.С.

Дипломний проект складається з текстової та графічної частини. Загальний обсяг текстової частини 60...65 аркушів основного тексту, формату А4 12 ілюстрацій. Графічна частина – 5 аркушів А1.

Дипломний проект присвячений модернізації формуючої головки екструдера. Метою модернізації є підвищення якості, зменшення часу на обслуговування та продовження строку служби формуючого інструменту. Покращення економічних показників, збільшення виготовлення кінцевого продукту досягається за рахунок підвищення строку експлуатації та зменшення часу обслуговування.

У роботі розроблено агрегат черв'ячний ЧП-32×25. Виконано необхідні параметричні розрахунки і розрахунки на міцність.

Отже розроблена машина є повністю працездатною. Вдосконалена конструкція гранулюючої головки дозволяє збільшити кількість продукцію за рахунок впровадження змін, одночасно з підвищення продуктивності лінії та підвищення довговічності формуючого інструменту, тобто зменшення витрат виробництва.

Результати роботи були опублікований у збірнику тез конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки» Київ, 6-7 червня 2019р.

ЕКСТРУЗИЯ, ГРАНУЛЯЦИЯ, ГОЛОВКА ФОРМУЮЧА, ЧЕРВ'ЯК, ПРЕС
ЧЕРВ'ЯЧНИЙ.

РЕФЕРАТ

"Оборудование для гранулирования с модернизацией формирующей головки". Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» по направлению подготовки 6.050503 «Машиностроение» (программа профессионального направления «Оборудование химических производств и предприятий строительных материалов») «КПИ им. Игоря Сикорского»; Руководитель: Сидоров Д.Е., Исполнитель: Артемьева И.С.

Дипломный проект состоит из текстовой и графической части. Общий объем текстовой части 60...65 листов основного текста, формата А4 12 иллюстраций. Графическая часть - 5 листов А1.

Дипломный проект посвящен модернизации формирующей головки экструдера. Целью модернизации является повышение качества, уменьшение времени на обслуживание и продление срока службы формирующего инструмента. Улучшение экономических показателей, увеличение производства конечного продукта достигается за счет повышения срока эксплуатации и уменьшение времени обслуживания.

В работе разработана агрегат червячный ЧП-32×25. Выполнен необходимые параметрические расчеты и расчеты на прочность.

Итак разработанная машина является полностью работоспособной. Усовершенствованная конструкция гранулирующей головки позволяет увеличить количество продукции за счет внедрения изменений, одновременно по повышению производительности линии и повышения долговечности формирующего инструмента, то есть уменьшение издержек производства.

Результаты работы был опубликован в сборнике тезисов конференции «Эффективные процессы и оборудование химических производств и упаковочной техники» Киев, 6-7 июня 2019г.

ЭКСТРУЗИЯ, ГРАНУЛИРОВАНИЕ, ГОЛОВКА ФОРМИРУЮЩАЯ, ЧЕРВЯК, ПРЕСС ЧЕРВЯЧНЫЙ.

ABSTRACT

"Equipment for granulation with the modernization of the forming head". Graduation project of educational qualification level "bachelor" in the direction of training 6.050503 "Mechanical Engineering" (the program of professional direction "Equipment for chemical production and building materials enterprises") "KPI by Igor Sikorsky "; Disposer: Sidorov D.E., Executor: Artemieva I.S.

The graduation project consists of text and graphic parts. The total volume of the text part is 60 ... 65 pages of the main text, A4 format 12 illustrations. The graphic part is 5 A1 sheets.

The graduation project is devoted to the modernization of the forming head of the extruder. The aim of modernization is to improve the quality, reduce maintenance time and extend the service life of the forming tool. Improving economic performance, increasing the production of the final product is achieved by increasing the service life and reducing maintenance time.

In work the worm gearbox WP-32×25 was developed. The necessary parametric calculations and strength calculations were performed.

So the developed machine is fully operational. The improved design of the granulating head allows you to increase the number of products due to the introduction of changes, at the same time to improve the performance of the line and increase the durability of the forming tool, that is, reducing production costs.

The results of the work were published in the collection of abstracts of the conference "Efficient processes and equipment of chemical plants and packaging equipment" Kiev, June 6-7, 2019.

EXTRUSION, GRANULATION, FORMING HEAD, WORM, WARMING PRESS.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Зміст

| | |
|---|--|
| ВСТУП..... | 3 |
| 1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЇ ЛІНІЇ..... | 4 |
| 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА | 6 |
| 2.2 Опис конструкції, основних збиральних одиниць та деталей..... | 7 |
| 2.3 Опис конструкції агрегату для гранулювання | 8 |
| 2.4 Опис конструкції корпусів устаткування для грануляції | 10 |
| 3 ЛІТЕРАТУРО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД..... | 12 |
| 3.1 Вибір патентів для модернізації | Помилка! Закладку не визначено. |
| 4 ОХОРОНА ПАЦІ | 17 |
| 4.1 Характеристика виробничих шкідливостей і небезпек..... | 17 |
| 4.2 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів проекрованої установки і заходи їх усунення..... | 18 |
| 4.2.1 Повітря робочої зони. | 18 |
| 4.2.2 Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур..... | 20 |
| 4.2.1 Виробничий шум. | 20 |
| 4.2.1 Небезпека впливу частин що рухаються й обертаються..... | 21 |
| 4.2.5 Пожежна безпека..... | 21 |
| 4.2.6 Небезпека враження електричним струмом..... | 23 |
| ВИСНОВКИ..... | 25 |
| ЛІТЕРАТУРА..... | 26 |

| | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|----------------|---------------|------------|---|---|------------|----------------|
| | | | | | <i>ЛП51(1).012186.01-70ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн</i> | <i>Лист</i> | <i>№ док-м</i> | <i>Підпис</i> | <i>Пом</i> | | | | |
| <i>Розробл</i> | <i>Артем'єва</i> | | | | <i>Устаткування для грануляції з модернізацією формулючої головки</i> | <i>Літ</i> | <i>Апк</i> | <i>Акпішіт</i> |
| <i>Перевірн</i> | <i>Сідоров</i> | | | | | | <i>1</i> | <i>10</i> |
| <i>Ревіз</i> | | | | | | <i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ</i> | | |
| <i>Н</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | <i>Гондляр</i> | | | | | | | |

Умовні позначення

x – концентрація, % (мас.);
 σ – поверхневий натяг; Н/м;
 h – висота, м;
 D, d – діаметр, м;
 c – прибавка до розрахункової товщини, м;
 G – масова витрата, кг/с;
 p – тиск, Па;
 t – температура, К;
 ρ – густина, кг/м³ ;
 ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м² /с;
 α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м² ·К);
 λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);
 K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м² ·К);
 α – коефіцієнт прямого потоку розплаву у каналі черв'яка;
 β – коефіцієнт зворотного потоку розплаву у каналі черв'яка;
 γ – коефіцієнт потоку втрат крізь зазор між корпусом преса та гребнями черв'яка;
 n – частота обертів черв'яка;
 K – коефіцієнт геометричної форми головки гранулятора.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

ВСТУП

Перед машинобудівною промисловістю стоїть завдання по забезпеченню випуску сучасних машин для переробки полімерних відходів у гранули.

Черв'ячні машини використовуються при різних технологічних процесах: для змішування і грануляції матеріалів; екструзії плівок, труб, профілів, листів, накладання ізоляції і оболонок на дроти і кабелі. Вони знаходять широке застосування так як литьєві машини для попередньої пластикації матеріалу, отримання порожнистих виробів і т.д..

Успіх широкого впровадження черв'ячних машин для переробки полімерних матеріалів пояснюється в першу чергу тим, що вони є машинами безперервної дії і дають можливість повної механізації і автоматизації процесів

У даній дипломній роботі розглядається «Устаткування для грануляції». В якості базової конструкції розглядається гранулюючий агрегат 32х25[3] а перероблюваний матеріал поліетилен низької густини (ПНГ) ГОСТ 16337-77.

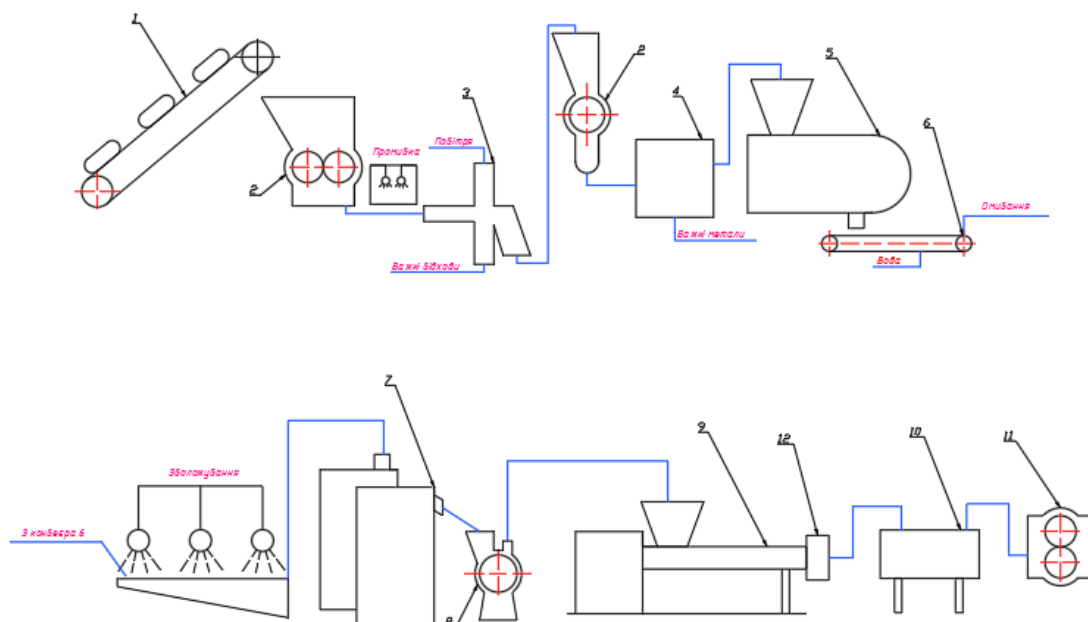
Метою дипломної роботи є також здійснення параметричного, міцнісного розрахунків його вузлів, що підтверджують роботу здатність конструкції, а також виконання графічної частини, загальний вигляд гранулюючого агрегату та основних його вузлів.

При виконанні проекту були використані знання з наступних дисциплін: інженерна та комп'ютерна графіка; технологічні основи машинобудування; метрологія та стандартизація; процеси, апарати та машини галузі; охорона праці та цивільний захист; технологічне обладнання виробництва будівельних та полімерних виробів; сучасні методи розрахунку процесів та апаратів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЇ ЛІНІЇ

Схема технологічної лінії зображена на рис. 1. Конвеєр 1 подає мішки з відходами в дробарку 2. Подрібнені відходи промивають і пневматичним транспортом направляють в повітряний класифікатор 3, де відділяється близько 3% важких відходів. Далі відходи додатково подрібнюють в дробарці другого ступеня і продувають через магнітний сепаратор 4 для видалення залишкових металів. Потім подрібнені відходи промивають водою і детергентами після чого сушать в відцентровій сушарці 7. Висушені відходи перемішують в турбінному млині 8 для запобігання груд кування і подають в екструдер 9 який розплавляє матеріал і продавлює його через головку 12 після чого охолоджується в ванні з водою, після охолодження матеріал потрапляє в гранулятор 11.



1 – конвеєр для подачі матеріалу, 2 – дробарка, 3 – повітряний класифікатор, 4 – магнітний сепаратор, 5 – промивач, 6 – конвеєр, 7 – відцентрова сушарка, 8 – млин, 9 – екструдер, 10 – ванна охолодження, 11 – гранулятор, 12 – головка гранулююча

Рисунок 1.1 – Лінія по переробці полімерів

Формуюча головка призначена для грануляції переробленого полімеру.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

Висновки:

- розглянуто устаткування для грануляції по переробці вторинних відходів з пластмас і послідовність операцій щодо отримання гранулята з ПНГ;
- визначено, що агрегат черв'ячний являється основною машиною лінії на базі якої працює устаткування для грануляції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

2.1 - Технічна характеристика агрегату черв'ячного

Технічна характеристика несе в собі особливу інформацію про апарат. Саме за цими показниками проводиться порівняння зразка з подібними йому і для наступного вибору та обґрунтування обраного варіанту. Основні показники гранулюючого агрегату наведено в таблиці 2.1

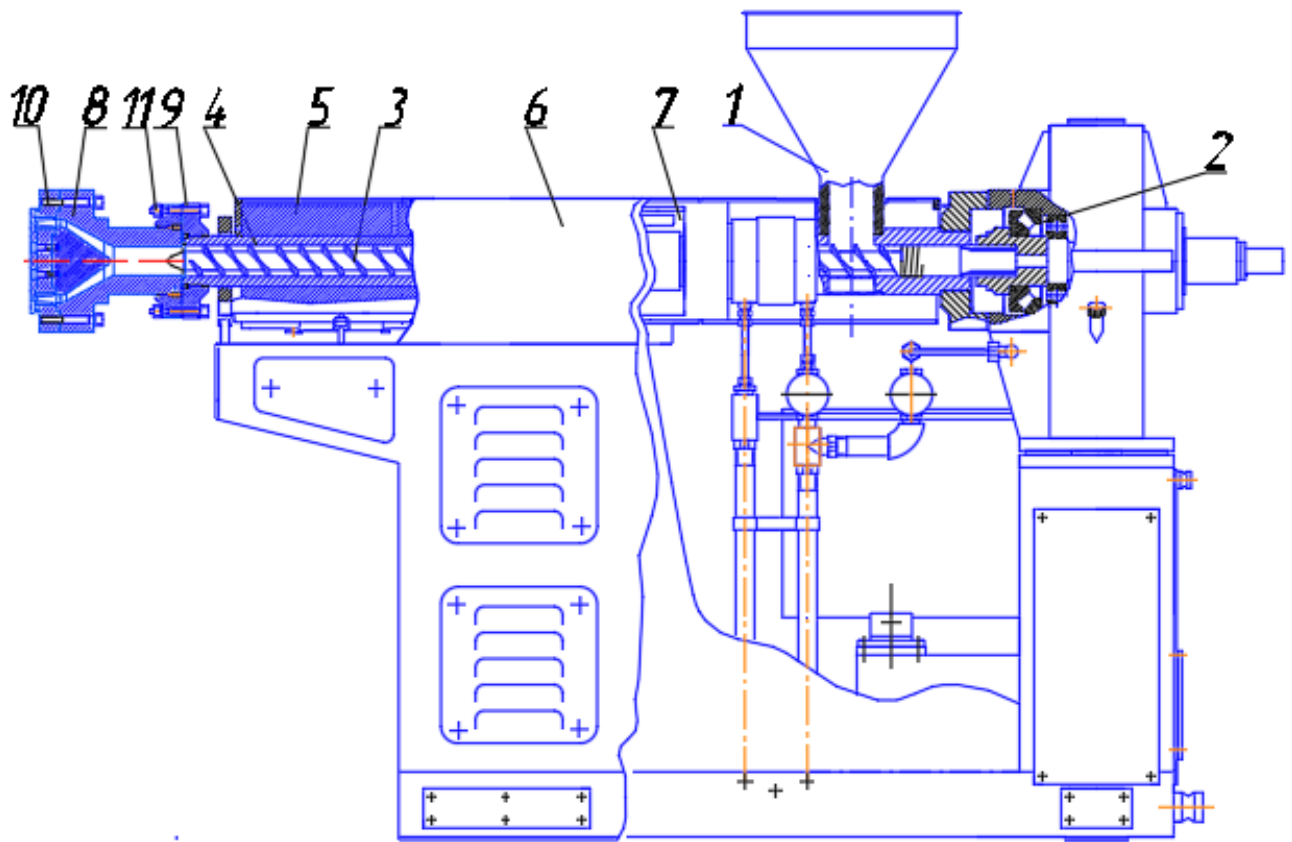
Таблиця 2.1. - Технічна характеристика агрегату черв'ячного

| | |
|--|-----------------------|
| Розрахункова продуктивність по пресу черв'ячному | 87 кг/год |
| Діаметр черв'яка пресу черв'ячного | 32 мм |
| Відношення робочої довжини черв'яка до його діаметру пресу черв'ячного | 25 |
| Загальна встановлена потужність нагрівників | 14,4 кВт |
| Розрахункова потужність електродвигуна приводу пресу черв'ячного | 15 кВт |
| Розрахункове число обертів черв'яка | 250 об/хв |
| Опір головки формуючої | 85 МПа |
| Маса головки формуючої | 25 кг |
| Маса пресу черв'ячного | 905 кг |
| Габаритні розміри пресу черв'ячного Довжина/висота/ширина | 1515 мм/1600 мм/800мм |
| Габаритні розміри головки формуючої | 240 мм/180 мм |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

2.2 Опис конструкції, основних збиральних одиниць та деталей

Гранулюючий агрегат (рисунок 2.1) складається з корпусу 5 в якому знаходиться гільза 4, черв'як 3 обертається в гільзі і приводиться в рух електродвигуном. Матеріал подається в бункер 1 після чого транспортується черв'яком 3 по каналі гільзи де плавиться за допомогою нагрівників 7, терморегуляцію забезпечує кожух 6, розплавлений матеріал продавлюється через головку 8 яка прикріплене до корпусу фланцем 9.



1 – бункер , 2 – опірний підшипник, 3 – черв'як, 4 – гільза, 5 – корпус, 6 – кожух, 7 - нагрівники, 8 – головка гранулююча, 9, - фланець.

Рисунок 2.1 – Гранулюючий агрегат

Корпус агрегату 1 представляє собою товстостінну трубу з двома фланцями та твердосплавною напівм'якою всередині циліндру. Зовнішня поверхня циліндру розділена на 5 температурних зон. В кожній встановлені

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

індукційні електронагрівники, а також перетворювач термоелектричний, сигнал від якого подається в комплектний пристрій терморегулювання.

В чотирьох перших зонах є вентилятори для охолодження, в п'ятій зоні (перехідній до головки) вони відсутні. В завантажувальній частині циліндру на зовнішній поверхні передбачені канали для охолодження завантажувальної воронки 5 водою, витрата води регулюється вручну та за допомогою вентиляю.

Для сприйняття осьових навантажень від черв'яка на тихохідному валу редуктора змонтований упорний підшипник 2. Редуктор змащується від насосу. В картері редуктора встановлено теплообмінник для охолодження масла водою. В системі змазки передбачено реле тиску, котре повинне давати сигнал для відключення електродвигуна приводу черв'яка при падінні тиску масла в системі менше 0,05 МПа.

Перевагами агрегатів для граулювання є не вибагливість до технічного процесу виготовлення гранул.

Недоліки: так як сировина для гранулювання надходить з переробки вторинного матеріалу то велика ймовірність забиття каналів головки, великі простой.

Висновки:

- розглянуто базову конструкцію, її основні частини та принцип дії;
- визначено переваги та недоліки базової конструкції.

2.3 Опис конструкції черв'яка агрегату для гранулювання

В залежності від типу полімерного матеріалу, що перероблюється, черв'яки екструзійно–групового обладнання конструктивно відрізняються між собою геометрією гвинтового каналу. Але всі черв'яки, як правило, мають декілька конструктивних зон (рис. 2.2.):

- хвостовик – призначений для передачі обертового моменту черв'яка, сприйняття вістових зусиль, що розвиваються на ньому та їх передано

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

на вузол опірною підшипника, а також для виконання функції підшипника ковзання так і вузла ущільнення, який повинен запобігати потраплянню перероблюваного матеріалу до вузла опірною підшипника.

- 1 зона завантаження – в більшості випадків виконується з найбільшою глибиною гвинтового каналу.
- 2 зона дозування, яка забезпечує заданий тиск на виході з гвинтової навивки.

Окрім цих основних і характерних для більшості конструкцій зон, черв'яки можуть мати декілька інших конструктивних зон.

- 3 зона вакуумування, тобто збільшення глибини кроку гвинтового каналу. Вона призначена для здійснення дегазації полімеру в каналі.
- 4 зона змішування, вона може бути виконана у вигляді зворотно направлених витків (1–5), виступів типу фрези, петлі, виступ-впадина.

На ряду з типовими конструктивними зонами різноманіття конструкцій черв'яків також зумовлюється відмінністю геометричних параметрів гвинтової навивки для різних ПМ, що в першу чергу визначається різними коефіцієнтами тертя.

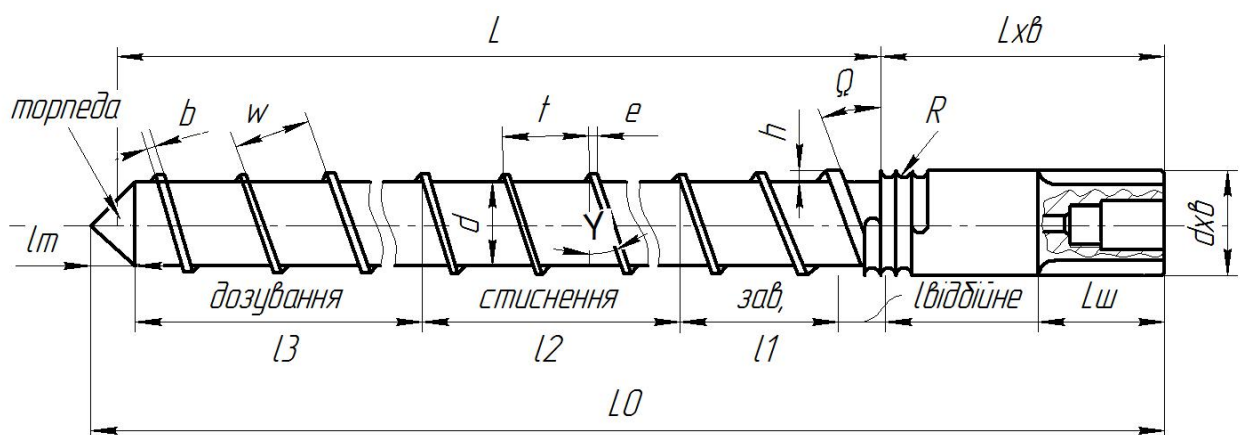


Рисунок 2.2 – Базові конструктивні параметри черв'яка.

2.4 Опис конструкції корпусу устаткування для грануляції

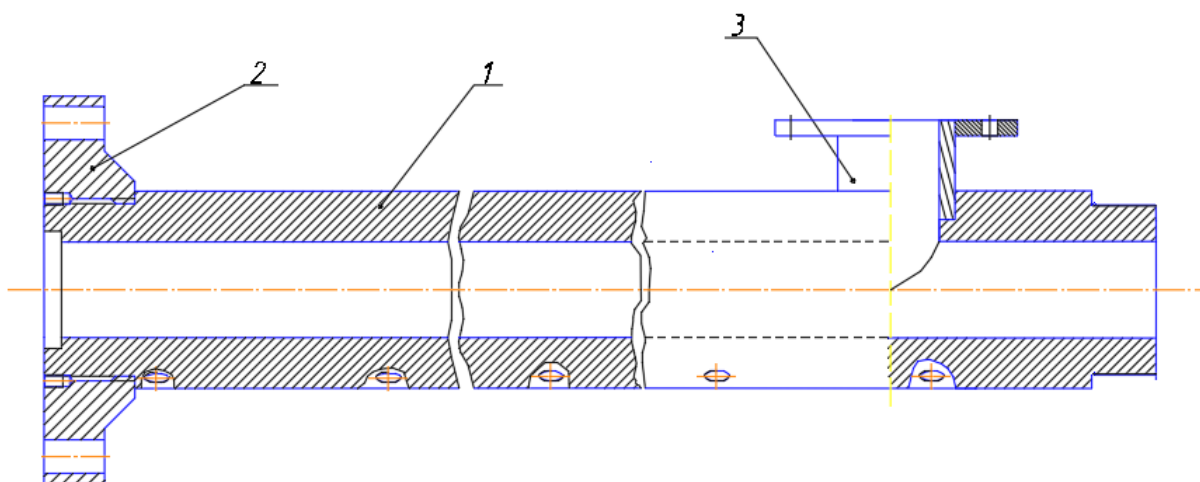
Корпус є одним з найголовніших вузлів устаткування. Існує декілька видів корпусів: складані по довжині, роздільні, суцільні та корпус завантажувальної горловини. У середині корпусу обертається черв'як. З боку приводу до машини кріпиться вузол опорного підшипника та завантажувальний пристрій. Під час роботи внутрішня поверхня корпусу зношується, особливо у процесі переробки КМ, що містять абразивні мінеральні наповнювачі. Для продовження терміну роботи корпусу його виконують складеним із зовнішнього товстостінного циліндра з вуглецевої сталі та вставленої в нього тонкостінної гільзи з високоякісної легованої сталі. Для підвищення зносостійкості гільзу азотують на 0,1 мм.

Крім дії на корпус механічних навантажень, які передаються від черв'яка через матеріал на корпус, він також повинен витримувати температурні навантаження.

Розрахунок корпусу залежить від його конструктивних частин та варіанту їх оформлення. Наприклад: якщо корпус має окрему завантажувальну частину та власне циліндричну частину, зон пластикації та видавлювання, то їх розрахунок відрізняється, у зв'язку з різними силовими параметрами, що діють в цих зонах.

Гільза може бути вмонтована в циліндр без натягу, а запобігання повертання гільзи відносно циліндра досягається використанням стопорних елементів, наприклад, системи пазів та виступів, торцевими гвинтами або штифтами. Для зменшення теплового опору корпусу забезпечують тісний контакт зовнішньої поверхні гільзи з внутрішньою поверхнею циліндра складанням їх зі значним гарантованим натягом. Найчастіше корпус і гільза складаються гарячим пресуванням, після чого гільзу стопорять від провертання торцевими гвинтами. Після складання внутрішню поверхню гільзи шліфують до заданого розміру. Товщину гільзи вибирають з конструктивних міркувань, виходячи з умов розміщення стопорних елементів та перевіряють лише залежностями Ляме.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |



1 – корпус; 2 – фланець; 3 – завантажувальна горловина

Рисунок 2.3. – Складальний корпус

Для забезпечення довговічності корпусу шляхом можливості ремонту за рахунок заміни внутрішньої робочої поверхні, корпус виконують складаним по товщині з власне корпусу та гільзи. Вона монтується в ньому нерухомо за рахунок стопорних гвинтів або шпонок, або посадки з натягом.

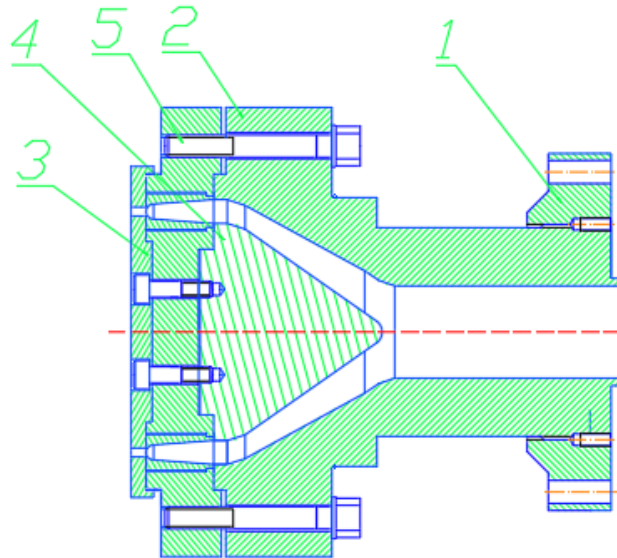
Для полегшення умов заміни гільзи, вона встановлюється в корпус без натягу, елементи, які запобігають провертанню гільзи (гвинти або шпонки) розраховують на зріз від обертового моменту. Товщину гільзи вибирають з конструктивних міркувань, виходячи з умов розміщення стопорних елементів та перевіряють лише залежностями Ляме.

2.5. Головка формуюча

Головка є одним з найголовніших вузлів устаткування, існує багато видів головок. Головне завдання головки формувати виріб потрібної форми з потоку розплаву. Так як вироби з полімерів широко використовуються в нашому побуті від жіночих колгот до водостічних труб, головки мають різні канали по яким проходить розплав.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

Задля економії деякі виробництва використовують вторинну сировину яку вони ж самі і перероблюють в гранули, для цього вони використовують головку у якої на виході виходять жили з переплавленого матеріалу. Така головка наведена рис. 2.4



1 – фланець, 2 – корпус головки, 3 – прижимна кришка 4 – конус направляючий, 5 – гвинт.

Рисунок 2.4 – Формуюча головка

Але дана головка має недоліки, такі як забивання каналів по яким розплав отримує потрібну форму. Так як перероблюваний матеріал вторинного походження. При забиванні каналу велика ймовірність браку із-за перепаду тиску в головці. Задля уникнення таких недоліків було проведено літературно-патентний огляд в якому знайдено цікаві рішення даної проблеми.

3 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

Для уникнення недоліків проводиться літературно-патентний пошук відповідних технічних рішень.

Місцями патентного пошуку були такі сайти, як www.epo.org, www1.fips.ru, base.ukrpatent.org.

В [11] ми розглянули гранулятор пластмас, що включає ріжучий ніж, фільтрну плиту з 55 внутрішніми кільцевими отворами і встановленими в кожній з них до упору в торцеву стінку кільцевої проточки з боку ножа зносостійкими вставками з бурти і вкладиш для піджиму своєї торцевої поверхні вставки до плити, який відрізняється тим, що, з метою підвищення надійності і спрощення обслуговування, він забезпечений запресованими в кожен з отворів втулку з кільцевим виступом на бічній поверхні кожної з втулок для їх закріплення в плиті, кожен вкладиш виконаний з буртом, поверненим до бурта зносостійкої вставки, при цьому кожна втулка охоплює вкладиш і прилягає одним торцем до бурта вкладиша для його фіксації, а іншим торцем притиснута до торцевої стінці кільцевої проточки плити з боку, протилежного ножа.

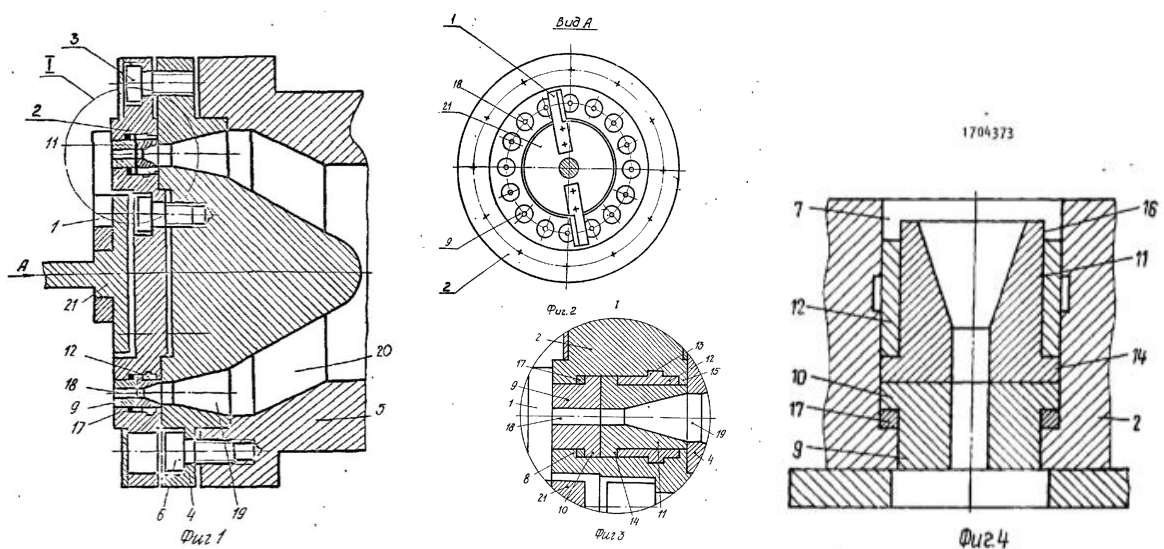


Рис.3.1 Гранулятор полімеру.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

В [12] ми розглянули екструзійну головку для гранулювання подрібнених вторинних полімерів, що містить корпус з живильним каналом для подачі подрібненого матеріалу, притискної фланець і фільтеру з формуючими каналами змінної довжини, опукла поверхня якої звернена в сторону живлячої каналу, що відрізняється тим, що опукла поверхня в центрі фільтери виконана у вигляді верхньої частини еліпсоїда, а до периферії переходить в пологоспадающую поверхню, що представляє собою нижню частину однополостного гіперболоїда.

Екструзійна головка для гранулювання подрібнених вторинних полімерів відповідно до фіг.1 складається з корпусу 1, фільтери 2 і притискного фланця 3. Живить канал головки утворений циліндричним каналом 4 для подачі подрібненого полімеру, який переходить в конічний канал 5, і форма каналами 6, виконаними в філь'єрі 2.

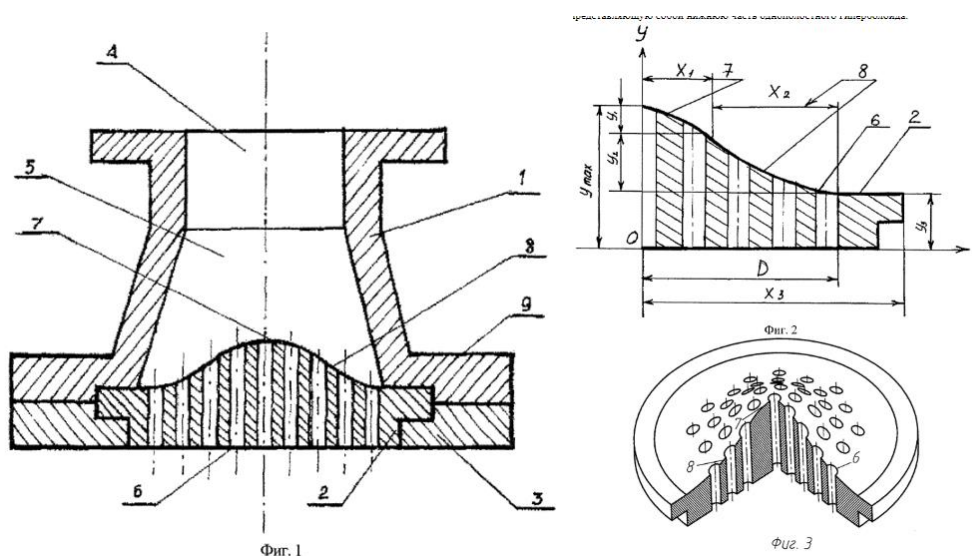


Рисунок 3.2 Екструзійна головка

В [13] кільцева екструзійна головка містить матрицю 1, що формує зовнішню поверхню полімерного виробу, та дорн 2, що формує внутрішню поверхню виробу. Дорн 2 і матриця 1 закріплені в дорн тримачі 3, утворюючи канал 4 для протікання розплаву з вихідною ділянкою 5, причому матриця може рухатись зворотно-поступально вздовж осі, змінюючи переріз каналу 4. На матриці 1 встановлено пружний 6 і демпфуючий 7 елементи, що передають

| | | | | | |
|------------------------|------|----------|--------|-----|------|
| ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | | | | | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | |

зусилля від неї на кришку 8.

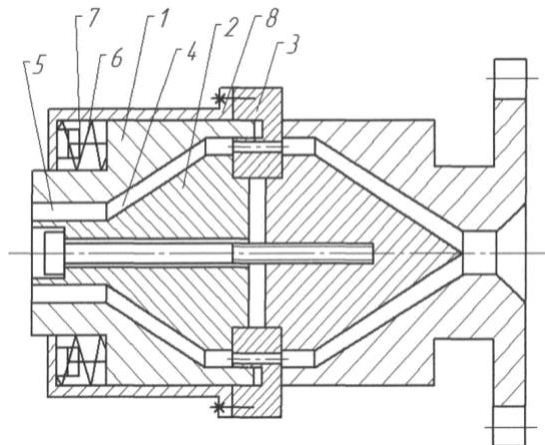


Рисунок 3.3 Кільцева екструзійна головка.

В [14] показано інноваційні рішення а саме замінити формуючі отвори на форсунки і за допомогою прижимної кришки зафіксувати форсунки і таким чином продовжуємо експлуатаційні можливості гранулюючої головки тим що ніж буде тертися по пластині. Також є можливість міняти діаметр гранул заміною форсунок.

FIG 1

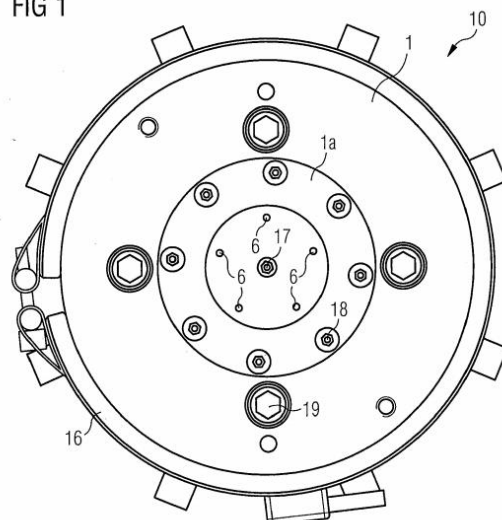


FIG 2

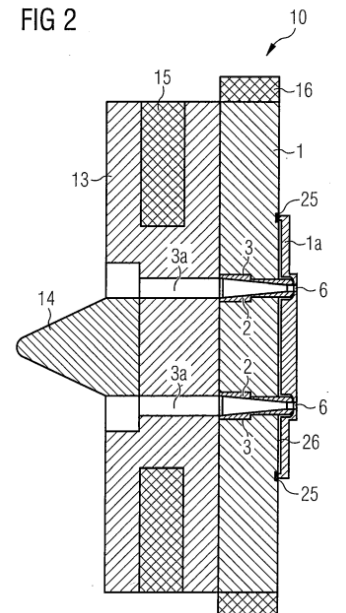


Рис. 3.4 Головка для грануляції з модернізованими каналами.

Висновки:

Найбільш близькими до вирішення задачі модернізації головки є технічні рішення 11 , 12 та 13 за допомогою яких маємо збільшення якості, продуктивності, збільшенням експлуатаційного часу. Але найдоцільнішим буде використання рішення 14. Рішення запропоновані в даному патенті найбільш підходять для вирішення основних проблем і самої головної забивання проходів.

В результаті такої модифікації ми отримуємо три переваги які значно покращують властивості головки. А саме встановлення форсунок які можна замінювати при забиванні матеріалом, цими ж форсунками ми можемо міняти діаметр гранул. Прижимна кришка виконує зразу дві функції: 1 – прижимання форсунок до корпусу, 2 – вона є пластиною тертя ножа(якщо потрібно).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

4 ОХОРОНА ПАЦІ

Закон про охорону праці в Україні був прийнятий 15 жовтня 1992 року.

Цей законодавчий акт поширюється на підприємства усіх форм власності і всіх працюючих громадян країни.

Закон України про охорону праці встановлює пріоритет життя і здоров'я працюючих, комплексне рішення програми праці, соціальний захист робітників, що постраждали в результаті нещасного випадку.

Тема дипломного проекту: Устаткування для грануляції з модернізацією формуючої головки.

Гранулюючий аґругат обслуговується працівниками які знаходяться в цеху площею та об'ємом $S = 150 \text{ м}^2$

та об'ємом $V = 600 \text{ м}^3$

4.1 Характеристика виробничих шкідливостей і небезпек.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами є: параметри повітря робочої;

виробничий шум;

вплив деталей машин що рухаються й обертаються (деталей електродвигунів, редукторів, черв'яків, ланцюгів);

враження електричним;

вплив високих температур при нагріванні екструдера, головки;

пожежна небезпека;

наявність елементів устаткування, нагрітих до високих температур;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

4.2 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів проектованої установки і заходи їх усунення.

4.2.1 Повітря робочої зони.

Робота оператора на установці - важка фізична робота, тому що лінія працює в умовах шуму, теплових виділень. Робота проводиться в 3 зміни, цілодобово, у будь-який час року.

Енерговитрати за таких умов праці складають більш 300Дж/сек. У зв'язку з цим передбачена можливість відпочинку персоналу.

Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні приведені в таблиці 4.1, а виділення шкідливих речовин у робочу зону в таблиці 4.2.

Параметри повітря робочої зони і видалення шкідливих речовин полімерів, що виділяються при переробці, і їхня нейтралізація забезпечується виробником за допомогою відповідних пристроїв і коштів, що передбачаються при проектуванні виробничих приміщень.

При цьому ефективність пристроїв така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і запиленість повітря в зоні обслуговування не перевищувала санітарних норм, установлених ГОСТ 12.1.005-88 і СНиП 2 04.05-84.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>ЛП51(1).012186.01-70ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

Таблиця 4.1 – Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні.

| Сезон року | Категорія робіт | Температура, °С | | Відносна вологість, % | | Швидкість руху повітря, м/с | |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
| | | Оптим альна | Факти чна | Оптим альна | Факти чна | Допуст има | Фактич на |
| Холодний та перехідний періоди року | середньої важкості | 20-24 | 21-24 | 75 | 65 | 0,2 | 0.1-0.12 |
| Теплий період року | середньої важкості | 21-28 | 26-30 | 60 | 55 | 0.1-0.3 | 0.15-0.2 |

Таблиця 4.2 – Виділення шкідливих речовин у робочу зону.

| Речовин | Концентрація | |
|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| | Допустима, мг/м ³ | Фактична, мг/м ³ |
| Етилен | 10 | 8 |
| формальдегіди | 5 | 3 |

У зв'язку з виділенням тепла в області робочої зони забезпечення параметрів як у теплий так і в холодний час року забезпечується вентиляція повітря в приміщенні.

У якості загальнообмінної вентиляції застосовується механічна приточно-вытяжна вентиляція. У цій системі повітря подається в помешкання приточною вентиляцією а віддається витяжною, працюючими одночасно. Притока повітря провадиться в робочу зону, а витяжка - із верхньої зони помешкання ділянки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

4.2.2 Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур.

Небезпечними елементами в лінії для виробництва рукавної плівки є: поверхні корпусу преса, голівки, - температура яких може досягати 200°C.

Причинами травм можуть бути дотики людей до нагрітих поверхонь. В запобіганні травм нагріті елементи лінії закриваються спеціальними кожухами і маркируються попереджувальними знаками про наявність високої температури. Попереджувачі знаки ставляться на поверхнях, температура яких перевищує 45°C що відповідає СН 245-71.

Інтенсивність випромінювання становить 250 Вт/м²; фактичні температури на поверхні становлять 200°C

4.2.1 Виробничий шум.

Основними джерелами шуму є електродвигуни, редуктори, ланцюгові передачі.

Рівень звукового тиску в октавних смугах частот, рівень звука й еквівалентні рівні звука для постійних робочих місць при працюючій лінії не повинні перевищувати дозволених норм, установлених по ГОСТ12.1.003-83.

Рівень шуму на робочому місці лежить у припустимих межах, тому що рівень шуму утворюваний вентиляторами й електроустаткуванням складає 75дБ.

Зменшення механічного шуму в лінії по виробництву рукавної плівки можна досягти:

примусове змазування тертьових поверхонь, $\Delta P=4$ дБА;

балансування обертових елементів, $\Delta P=6$ дБА

прокладочні матеріали і пружні вставки в з'єднання, крім передачі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

коливань від однієї деталі до іншої, $\Delta P=5$ дБА;

4.2.1 Небезпека впливу частин що рухаються й обертаються

Рухомими частинами ЛРП є: муфта, ротори електродвигунів.

Всі рухомі частини подають підвищену небезпеку при експлуатації, тому що можливі механічні травми в обслуговуючого персоналу. В запобіганні нещасливих випадків всі обертові частини, що рухаються, закриті суцільним або сітчастим огородженням. Розміри сторін комірок сітчастого огородження не більш 10 мм.

Експлуатувати лінію зі знятими огородженнями, несправними або відключеними блокуваннями строго забороняється. Також забороняється проводити ремонт і наладку вузлів лінії під час її роботи.

4.2.5 Пожежна безпека.

Полиетилен горить за температурою 400°C

Відповідно до ОНТП 2486, категорія приміщення В. Лінія призначена для експлуатації в протипожежних зонах класу П-Па по ПУЕ. Стійкість будинку по СНиП 2.01.02-85 відповідає ступеню вогнестійкості II

Серед причин, що викликають загоряння, найбільше ймовірними є:
несправність електроустаткування; струм короткого замикання і перевантаження кабелів живлення;

загоряння ізоляції електропроводів;

використання вогню в неналежному місці;

пряме враження блискавкою, що може викликати пожежу і зробити руйнацію будинків;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

іскри при електро- і газозварочних роботах.

Запобігання можливості загоряння забезпечується такими мірами:

дотримання технологічних норм і правил експлуатації;

паління тільки у відведених місцях;

своєчасне проведення інструктажу з техніки безпеки серед
обслуговуючого персоналу;

організація агітації по протипожежному захисті;

наявність засобів організації, зокрема, системи електричної пожежної
сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;

наявність засобів пожежегасіння безпосередньої близькості від установки
(пісок, вогнегасник);

будинки установлені на відстані не менше 10 метрів від сусіднього
будинку і 20 метрів від складів;

на будинку встановлені джисавковідводи сітчастого виду.

Таблиця 4. Найменші припустимі межі вогненебезпечності будівельних
конструкцій.

| | Основні будівельні конструкції. | Межа вогнестійкості, час. |
|---|---|------------------------------|
| 1 | Несучі стіни, колони | |
| 2 | Зовнішні стіни з навісних панелей | 0,25 |
| 3 | Несучі конструкції, покриття | 0,25 |
| 4 | Несучі конструкції міжповерхових і дахових перекрыттів | 0,75 |
| 5 | Внутрішні стіни, перегородки | 0,25 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

Для гасіння невеличких ділянок загоряння при відключеному електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (2 шт.) і пінні вогнегасники ОХП-10 (1 шт.). Для гасіння включених електромереж застосовують порошкові вогнегасники ОП-10 (1 шт.). Вуглекислотні вогнегасники застосовують також для гасіння складів із ЛВЖ, акумуляторних станцій і т.д. Проте двоокис вуглецю не можна застосовувати для гасіння речовин до складу молекул яких входить кисень, лужних і лужноземельних металів, а також тліючих матеріалів. Повітряно-пінний вогнегасник призначений для гасіння легкозаймистих рідин, пальних рідин, твердих матеріалів.

Ширина прорізу дверей евакуиходу - 2 метра. Кількість виходів - не менше двох. Двері відчиняються назовні
(СНиП 2.09.02-85).

4.2.6 Небезпека враження електричним струмом.

У зв'язку з тим, що лінія по виробництву рукавної плівки розташована на металевій рамі, що у свою чергу встановлюється на бетонну станину, відповідно до ПЕУ вона відноситься до небезпечної.

Для живлення елементів лінії використовується трьохфазова напруга 220/380В із частотою 50Гц з ізольованою нейтраллю.

Основними причинами нещасних випадків від впливу електричного струму на проєктованій ділянці є: помилкове вмикання установки; можливість виникнення крокової напруги;

пробой на корпус;

випадки доторку людей до відкритих частин електроустаткування, що проводять струм;

; старіння ізоляції і втрата ізоляційних властивостей;

доторк до частин установки, які можуть виявитися під напругою у

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

випадку короткого замикання;

Основними заходами захисту від враження електричним струмом на ділянці експлуатації лінії є:

1) Забезпечення неприступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою (розташування їх на недоступній висоті), для випадкового доторку.

2) Використання щитків, спеціальних знаків небезпеки, що попереджують людину про наявність високої температури, можливості враження електричним струмом і т.д. (кожному з пунктів небезпеки відповідає свій попереджувачий знак).

3) Організація безпечної експлуатації електроустаткування, перед роботою установку перевіряють спеціалісти, вона проходить спробну експлуатацію.

4) Усунення небезпеки при появі напруг на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається використанням захисного занулення, подвійної ізоляції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

ВИСНОВКИ

Метою дипломного проекту було проведення модернізації грануляційної головки. Для цього проведені наступні роботи:

- розглянуто технологічну лінію переробки полімерних відходів, базову конструкцію, її основні частини та принцип дії. Визначено переваги та недоліки базової конструкції;
- проведено літературно-патентний огляд.
- для модернізації базової машини обрано рішення з модернізації гранулюючої головки, що полягає в встановленні форсунок замість каналів [9];
- розглянуто небезпечні виробничі ситуації та розроблено заходи для їх уникнення;
- проведено розрахунки працездатності машини;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

ЛІТЕРАТУРА

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. - Москва, Химия, 1986. - 488 с.
2. Торнер Р.В. Акутін М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс – Москва, Химия, 1986. - 400 с.
3. Басов Н.И., Брагинский В.А., Казанков Ю.В. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов – Москва, Химия, 1991. – 352 с.
4. Торнер Р.В. Теоретические основы переработки полимеров – Москва, Химия, 1977. – 464 с.
5. Тадмор З., Гогос К. Теоретические основы переработки полимеров – Москва, Химия, 1984. – 632 с.
6. Сівецький В. І. Комп'ютерне проектування екструзійного полімерного устаткування. Навч. пос. К.: «Політехніка», 2003. – 184 с.
7. Сівецький В. І., Радченко Л. Б. Основи моделювання та конструювання червячних екструдерів. Навч. пос. К.: «Політехніка», 2002. –164 с.
8. Щербина В.Ю. Конструкторське проектування обладнання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 83 с. URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25669>
9. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни "Обладнання для виготовлення полімерних упаковок" для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» / Уклад.: Д.Е. Сідоров. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 12 с.
10. Інженерні розрахунки на ПЕОМ: Завдання для самостійного розв'язання. Навч. посіб. для підготовки бакалаврів за спеціальностями 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування / Уклад.: Д.Е. Сідоров,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

І.О. Казак. – Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2019. – 99 с. Доступ:
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27600>

11. Патент №1704373 (SU), МПК6 В29В 9/06.
12. Патент № 2350466 (RU), МПК В29С 47/30, В30В 11/22.
13. Патент №763130(SU), В29В 10/22
14. Патент №11171499.4 В29В 9/06

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>ЛП51(1).012186.01-70ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

РОЗРАХУНКИ

Зміст

| | |
|--|----|
| 1 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА | 2 |
| 1.1 Розрахунки на міцність | 2 |
| 1.1.1 Розрахунок черв'яка на стиск | 2 |
| 1.1.2 Розрахунок черв'яка на кручення | 5 |
| 1.1.3 Розрахунок черв'яка на жорсткість | 6 |
| 1.1.4 Розрахунок черв'яка на витривалість | 7 |
| 2 ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ГРАНУЛЯЦІЇ | 9 |
| 2.1 Розрахунок геометрії черв'яка | 9 |
| 2.2 Визначення коефіцієнта геометричної форми головки | 12 |
| 2.3 Розрахунок продуктивності гранулюючого апарату при переробці поліетилену низької густини | 14 |
| 2.4 Розрахунок перепаду тиску в головці | 16 |
| 2.5 Розрахунок потужності приводу | 18 |
| 3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК АГРЕГАТУ ДЛЯ ГРАНУЛЯЦІЇ | 21 |
| ВИСНОВКИ | 26 |
| ЛІТЕРАТУРА | 27 |

| | | | | | | | | |
|----------|-------------|---------|--------|-----|---|---------------------------------|-----|---------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | | | |
| Змн | Лист | № док-м | Підпис | Пот | | | | |
| Розробл | Артем'єва | | | | Устаткування для грануляції з модернізацією формуючої головки | Літ | Алк | Акпішів |
| Перевір | Сідоров Д.Е | | | | | 1 | 10 | |
| Ревіз | | | | | | "КПІ ім. Ігоря Сікорського" ІХФ | | |
| Н | | | | | | | | |
| Затверд. | Гондляр | | | | | | | |

1 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА

1.1 Розрахунки на міцність

1.1.1 Розрахунок черв'яка на стиск

Метою розрахунку є визначення працездатності черв'яка.

На черв'як діють такі силові фактори:

- осьове зусилля P_{oc} ;
- рівномірно розподілене навантаження від власної ваги q ;
- обертальний момент $M_{об}$.

Схема навантаження черв'яка та епюри напружень зображені на рис.1.1

Розраховуємо крутний момент:

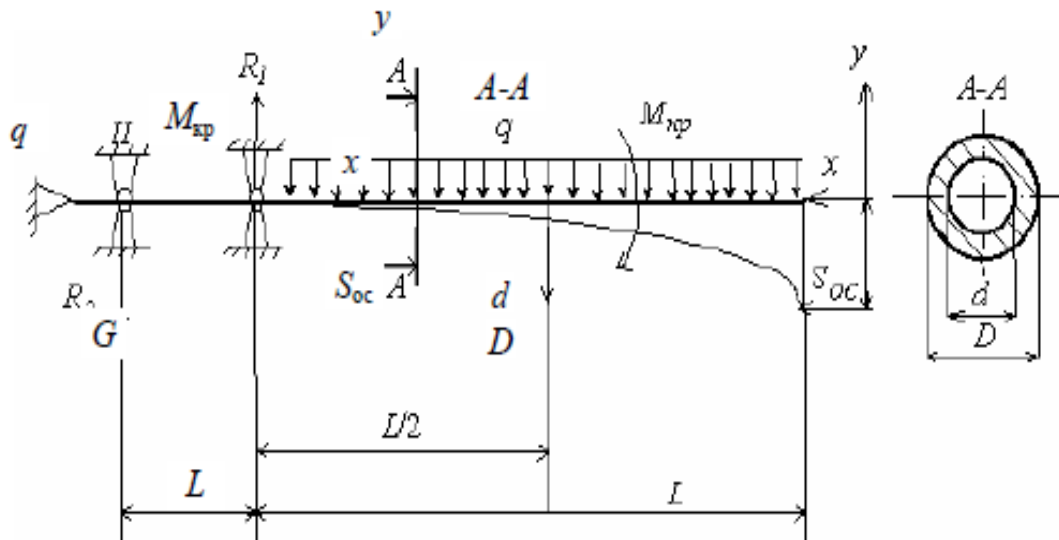


Рисунок 1.1. Розрахункова схема шнека

$$M_{кр} = \frac{9550N}{n} = \frac{9550 \cdot 40}{250} = 1,53 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (1.1)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

де $N=40$ – потужність, яка споживається черв'яком, кВт, $n=250$ - швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Осьове зусилля:

$$P_{oc} = \frac{2M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 1,53 \cdot 10^3}{0,032} = 956 \text{ кН} \quad (1.2)$$

де $D=0,032$ - зовнішній діаметр черв'яка, м;

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9,81G}{l_p} = \frac{9,81 \cdot 24}{0,8} = 295 \text{ кН} \quad (1.3)$$

Де G – маса черв'яка, кг;

$l_p=0,8$ - довжина робочої частини черв'яка, м.

$$M_{max} = 0,5ql_p^2 = 0,5 \cdot 295 \cdot 0,8^2 = 95 \text{ кН} \quad (1.4)$$

W_x - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3(1 - a^4)}{32} = \frac{\pi \cdot 0,0296^3(1 - 0,54^4)}{32} = 2,3 \cdot 10^{-6} \quad (1.5)$$

Стисне напруження:

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{oc}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x \frac{53,1 \cdot 10^3}{3,7 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{95}{2,3 \cdot 10^{-6}}} \quad (1.6)$$

де F - площа небезпечного перерізу (під завантажувальною воронкою в місці

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

початку нарізки, де найбільші навантаження і найменша площа, без урахування площі перерізу витків):

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} (1 - a^2) = \frac{3,14 \cdot 0,0296^2}{4} (1 - 0,54^2) = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (1.7)$$

$$a = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0,014}{0,0256} = 0,54 \quad (1.8)$$

де d_0 -діаметр осердя в зоні завантаження.

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{1,53 \cdot 10^3}{9,1 \cdot 10^{-5}} = 168 \text{ МПа} \quad (1.9)$$

де W_p - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - a^2)}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,0256^3 \cdot (1 - 0,54^2)}{16} = 9,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \quad (1.10)$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{ст} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{46,3^2 + 4 \cdot 168^2} = 340 \text{ МПа} \quad (1.11)$$

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{екв}} \geq [n] \quad (1.12)$$

Матеріал черв'яка сталь 38Х2МЮА для якої $\sigma_t=880$ МПа.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

Значення допустимого коефіцієнта запасу зазвичай 1,2...2 [2]

$$n = \frac{880}{715} = 1,23 \in [1,2; 2] \quad (1.13)$$

Умова міцності черв'яка виконується.

1.1.2 Розрахунок черв'яка на кручення

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення за методикою:

$$N_t = \frac{\tau_1}{\tau_p \left(\frac{k_t}{\beta \cdot \varepsilon_t} + \zeta_t \right)} = \frac{252 \cdot 10^6}{54,6 \cdot 10^6 \left(\frac{1,9}{0,9 \cdot 0,59} + 0,05 \right)} = 1,4 \quad (1.14)$$

де $\tau_1 = 252 \cdot 10^6$ – межа втоми при крученні для сталі 38Х2МЮА, Па, $\beta = 0,9$ – коефіцієнт стану поверхні,

$K_t = 1,9$ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень,

$\varepsilon_t = 0,59$ – коефіцієнт, що враховує вплив змінної складової напруження,

$\zeta = 0,05$ – коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової напруження.

Розрахункове напруження кручення

$$\tau_p = \frac{M_{кр}}{2 \cdot W_{ro}} = \frac{1,53 \cdot 10^3}{2 \cdot 1,4 \cdot 10^{-5}} = 54,6 \text{ МПа} \quad (1.5)$$

де W_{ro} – полярний момент опору крученню перерізу черв'яка з врахуванням жорсткості витків

$$W_{ro} = 2 \cdot \frac{I}{R} = 2 \cdot \frac{9,278 \cdot 10^{-7}}{0,0128} = 1,4 \cdot 10^{-5} \quad (1.6)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

де $I=9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$ – полярний момент інерції перетину черв'яка, $R=0,0128$ – радіус сердечника черв'яка.

Підставивши всі значення в формулу (1.6), отримуємо запас міцності 1,4, що задовольняє умови.

1.1.3 Розрахунок черв'яка на жорсткість

Важливим є забезпечення умов жорсткості – максимальний прогин черв'яка повинен бути меншим конструкційного зазору $\delta k \forall \text{max}$.

Вихідні дані : Матеріал черв'яка сталь 38Х2МЮА, діаметр черв'яка $d=32$ мм, зазор між корпусом і черв'яком $\delta = 0,08$ мм, E - модуль пружності $E=2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; $I=9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$ – полярний момент інерції перетину черв'яка;

$$P_{oc} = 53,1 \text{ кН.}$$

Максимальний прогин дорівнює :

$$\delta = \frac{1}{IE} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \frac{l_p}{2} \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^2} + A \cdot l_p \right) \cdot \cos(k \cdot l_p) - \frac{1}{k^2} \left(\frac{q \cdot l_p}{k} - A \right) \cdot \sin(k \cdot l_p) \right] \quad (1.17)$$

де

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{53100}{2 \cdot 10^5 \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}}} = 0,53 \quad (1.18)$$

$$A = \frac{q \left[l_p - \frac{1}{k} \sin(k \cdot l_p) \right]}{k \cdot \cos(k \cdot l_p)} = \frac{2,95 \cdot \left[0,8 - \frac{1}{0,53} \cdot \sin(0,53 \cdot 0,8) \right]}{0,53 \cdot \cos(0,53 \cdot 0,8)} = 6,35 \quad (1.19)$$

Максимальний прогин :

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

$$\delta = \frac{1}{9,278 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{11}} \left[\frac{2,95}{0,53^2} \left(\frac{1}{0,53^2} + \frac{0,8}{2} \right) - \frac{1}{0,53} \left(\frac{2,95}{0,53^2} + 3,35 \cdot 0,8 \right) \cdot \cos(0,53 \cdot 0,8) - \frac{1}{0,53^2} \left(\frac{2,95 \cdot 0,8}{0,53} - 6,35 \right) \cdot \sin(0,53 \cdot 0,8) \right] \max \quad (1.20)$$

прогин в межах допустимого.

1.1.4 Розрахунок черв'яка на витривалість

Оскільки черв'як витримує загальний момент навантаження від циклічної дії власної ваги, доцільна його перевірка на витривалість за методикою (5).

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{(k_{\sigma})_d \sigma_a + \psi_{\sigma} \sigma_c} = \frac{340}{1,4 \cdot 0,3} = 805, \quad (1.21)$$

де n_{σ} – коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження; σ_{-1} – допустиме напруження під час циклічного навантаження (беруть $\sigma_{-1}=0,4 \sigma_B$; σ_a – амплітуда змінювання напружень, у цьому випадку вони змінюються від плюс σ_{max} до мінус σ_{max} ; σ_{max} – найбільше напруження від дії згинального моменту; $\sigma_{max}=M_{max}/W_x$; σ_c – середнє напруження циклу, $\sigma_c=0$, оскільки цикл симетричний; ψ_{σ} – коефіцієнт, що залежить від виду матеріалу, для сталей з $\sigma_B=1200...1400$ МПа $\psi_{\sigma}=0,25$; $(k_{\sigma})_d$ ефективний коефіцієнт концентрації напружень, який можна знайти із формули:

$$(k_{\sigma})_d = \frac{k_{\sigma}}{(\beta_{\varepsilon})} = \frac{2}{(1 \cdot 0,3)} = 6,6, \quad (1.22)$$

де k_{σ} – коефіцієнт концентрації напружень, для цього випадку $k_{\sigma}=1,9...2$; β – коефіцієнт, який враховує якість поверхні деталі; для полірованої поверхні

| | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------|
| | | | | | Арк. |
| | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | |

ЛП51(1).012186.01-70ПЗ

черв'яка $\beta=1$; ε – коефіцієнт, який враховує розмір перерізу деталі; для деталей з легированих сталей за наявності концентрації напружень $\varepsilon=0,3$.

Таким чином запас витривалості достатній.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

2 ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ГРАНУЛЯЦІЇ

2.1 Розрахунок геометрії черв'яка

Черв'як є основним вузлом агрегату для грануляції та призначений для транспортування полімерного матеріалу від завантажувальної лійки до головки формуючої, а також для ретельного перемішування, нагнетання тиску та видавлювання з головки.

Діаметр черв'яка є основним елементом агрегату, що характеризує продуктивність устаткування.

В даному дипломному проекті використовується устаткування для грануляції з черв'яком, зовнішній діаметр якого $D = 32$ мм, відношення довжини робочої частини до його діаметра, для переробки ПНГ приймаємо $25D$.

Інші параметри черв'яка вибираються в залежності від матеріалу, що переробляється. У даному випадку матеріалом, що переробляється, є пластикаційний поліетилен низької густини, базові параметри черв'яка обчислюються виходячи з залежності представлених нижче. Схема черв'яка представлена на (рис. 2.1).

Вихідні дані: діаметр черв'яка $D=32$ мм, загальна довжина черв'яка $25D$, крок нарізки черв'яка $t=32$ мм, матеріал що перероблюється – поліетилен низької густини.

Проводимо розрахунок геометрії черв'яка згідно з [3] :

Довжина гвинтової частини черв'яка:

$$l_{\Gamma} = D \cdot (l_p/D) = 32 \cdot 25 = 800 \text{ мм} \quad (2.1)$$

Довжина шліцевої частини черв'яка l :

$$l_{\text{шл}} = 1,25 \dots 1,5D = 1,3 \cdot 32 = 42 \text{ мм} \quad (2.2)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

Довжина підшипника ковзання $l_{\text{під}}$:

$$l_{\text{під}} = 1 \dots 2D = 1,5 \cdot 32 = 48 \text{ мм} \quad (2.3)$$

Довжина нарізної відбійної частини $l_{\text{н}}$:

$$l_{\text{н}} = 1,2 \cdot D = 1,2 \cdot 32 = 39 \text{ мм} \quad (2.4)$$

Довжина хвостової частини черв'яка $l_{\text{хв}}$:

$$l_{\text{хв}} = l_{\text{н}} + l_{\text{під}} + l_{\text{шл}} = 39 + 48 + 42 = 129 \text{ мм} \quad (2.5)$$

Загальна довжина черв'яка $l_{\text{заг}}$:

$$l_{\text{заг}} = l_{\text{хв}} + l_{\Gamma} = 800 + 129 = 929 \text{ мм} \quad (2.6)$$

Довжина зони дозування $l_{\text{д}}$:

$$l_{\text{д}} = 0,4 \dots 0,6 l_{\text{р}} = 0,48 \cdot 800 = 384 \text{ мм} \quad (2.7)$$

Довжина зони завантаження $l_{\text{з}}$:

$$l_{\text{з}} = 0,25 \dots 0,35 l_{\text{р}} = 0,25 \cdot 800 = 200 \text{ мм} \quad (2.8)$$

Довжина зони пластикації $l_{\text{п}} > 0,2 l_{\text{р}}$:

$$l_{\text{п}} = l_{\text{р}} - l_{\text{д}} - l_{\text{з}} = 800 - 384 - 200 = 216 \text{ мм} \quad (2.9)$$

$216 > 0,2 \cdot 800 = 160 \text{ мм.}$ – умова виконується

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

Крок нарізки витків t (в середньому $t = D$):

$$t = 0,8 \div 1,2 D = 1 \cdot 32 = 32 \text{ мм} \quad (2.10)$$

Ширина витка e :

$$e = 0,08 \div 0,12 D = 0,08 \cdot 32 = 2,7 \text{ мм} \quad (2.11)$$

Глибина нарізки в зоні завантаження h_1

$$h_1 = 0,1 \div 0,14 D = 0,10 \cdot 32 = 3,2 \text{ мм} \quad (2.12)$$

Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження d_1

$$d_1 = D - 2 h_1 = 32 - 2 \cdot 3,2 = 25,6 \text{ мм} \quad (2.13)$$

Глибина нарізки в зоні дозування h_2 :

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] = 0,5 \cdot \left[32 - \sqrt{32^2 - \frac{4 \cdot 3,2}{2,5} (32 - 3,2)} \right] \\ = 1,2 \text{ мм} \quad (2.14)$$

де i – коефіцієнт стиснення, звичайно рівний 2 - 3 для різних матеріалів.
приймаємо $i=2,5$.

Діаметр сердечника черв'яка в зоні дозування d_2 :

$$d_2 = D - 2 h_2 = 32 - 2 \cdot 1,2 = 29,6 \text{ мм} \quad (2.15)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

16. Зазор між гребенем черв'яка і внутрішньою поверхнею корпусу δ
 $0.1 \text{ мм} < \delta < 0.3 \text{ мм}$

$$\delta = 0.002 \div 0.003 D = 0,0025 \cdot 32 = 0,08 \text{ мм} \quad (2.16)$$

Креслення черв'яка представлено у графічній частині проєкту (лист ЛП51(1).01186.005-70)

2.2 Визначення коефіцієнта геометричної форми головки

Мета: розрахунок і визначення таких розмірів головки (рис.2.1) та тиску, котрі забезпечують максимальну продуктивність.

Перероблювальний матеріал поліетилен низької густини

Параметри виробу:

Температура плавлення 120-150°C

Густина 0.91-0.94 г/см³

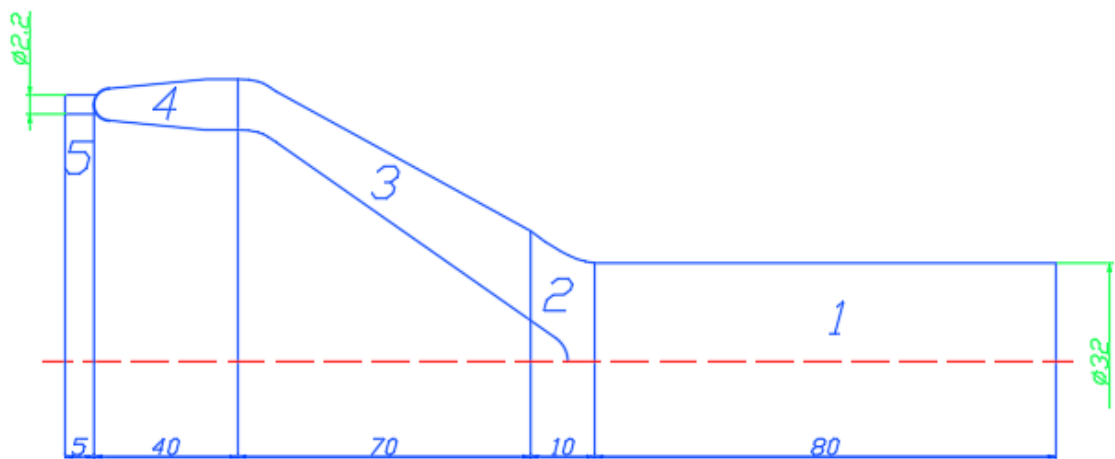


Рисунок 2.1 – Схема каналів формуючої головки.

Розглядаємо окремо кожний канал головки, в яких рухається матеріал:
канал циліндричний, круглий циліндричний, конічний, круглий циліндричний,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

конічний, круглий циліндричний.

1-й канал циліндричний

$$K_1 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{3,14 \cdot 2,2^4}{128 \cdot 5} = 0,11 \text{ мм}^3 \quad (2.17)$$

де L= 5 мм, d=2,2 мм.

2-й канал конічний

$$K_2 = \frac{\pi \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)^4}{128L} = \frac{\pi \left(\frac{2,2 + 10}{2} \right)^4}{128 \cdot 40} = 0,85 \text{ мм}^3 \quad (2.18)$$

де L= 40 мм, d₁=2,2 мм, d₂=10мм.

3-й канал циліндричний

$$K_3 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{3,14 \cdot 10^4}{128 \cdot 70} = 3,5 \text{ мм}^3 \quad (2.19)$$

де L= 70 мм, d=10 мм.

4-й канал конічний

$$K_4 = \frac{\pi \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)^4}{128L} = \frac{\pi \left(\frac{10 + 32}{2} \right)^4}{128 \cdot 10} = 477 \text{ мм}^3 \quad (2.20)$$

де L= 10 мм, d₁=10 мм, d₂=32мм

5-й Круглий циліндричний

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

$$K_5 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{3,14 \cdot 32^4}{128 \cdot 80} = 321,5 \text{ мм}^3 \quad (2.21)$$

де $L = 80 \text{ мм}$, $d = 32 \text{ мм}$

Коефіцієнт геометричної форми головки:

$$\frac{1}{K_{3г}} = \frac{1}{K_1} + \dots + \frac{1}{K_n} = 24 \frac{1}{0,11} + 24 \frac{1}{0,85} + 24 \frac{1}{3,5} + 24 \frac{1}{477} + \frac{1}{321,5} = 11,7 \text{ мм}^{-3}$$

$$K_{3г} = \frac{1}{11,7} = 0,085 \text{ мм}^3 \quad (2.22)$$

2.3 Розрахунок продуктивності гранулюючого апарату при переробці поліетилену низької густини

Продуктивність лінії для виробництва профілів з поліетилену визначається насамперед продуктивністю черв'ячного преса, тобто його пластифікуючою спроможністю. Тому необхідно визначити масову продуктивність черв'ячного преса. Продуктивність знаходимо за формулою:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K_{3г} \cdot \frac{n}{60}}{K_{3г} + \beta + \gamma} \quad (2.23)$$

де $K_{3г}$ – коефіцієнт геометричної форми головки екструдера (приймаємо $0,14 \text{ мм}^3$), α – коефіцієнт прямого потоку, м^3 , β – коефіцієнт зворотного потоку, м^3 , γ – коефіцієнт потоку втрат крізь зазор між корпусом преса та гребнями черв'яка, м^3 , n – число обертів черв'яка.

Кут нахилу лінії нарізки:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi \cdot D} = \arctg \frac{32}{3,14 \cdot 32} = 17^{\circ}22'' \quad (2.24)$$

Коефіцієнт прямого потоку розплаву у каналі черв'яка:

$$\alpha = \frac{\pi^3(t-\varepsilon e)\sigma}{a+t^2b} \text{ де } \sigma = 1 + \frac{D^2}{2h_2^2}, a = \frac{\pi^3}{h_2^2} \left(\frac{D}{h_2^2} - 1 \right), b = \frac{h_2+D}{D^2 h_2^3}, \beta = \frac{\pi t(t-e)}{12L_d(a+t^2b)},$$

$$\gamma = \frac{\pi D \delta^3 t^2}{10eL_d \sqrt{\pi^2 D^2 - t^2}} \quad (2.25)$$

де t – шаг витків, h_2 – глибина каналу в зоні дозування, ε – число заходів(однозаходний), e – ширина витка.

Тоді:

$$\sigma = 1 + \frac{32^2}{2 \cdot 1,2^2} = 357, a = \frac{\pi^3}{1,2^2} \left(\frac{32}{1,2^2} - 1 \right) = 46,28 \text{ мм}^{-2}, b = \frac{1,2 + 32}{32^2 \cdot 1,2^3} = 8,7 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^{-4} \quad (2.26)$$

Знаходимо коефіцієнти α, β, γ :

$$\alpha = \frac{\pi^3(32 - 1 \cdot 2,7)357}{46,28 + 32^2 \cdot 8,7 \cdot 10^{-5}} = 708,33 \text{ мм}^3 \quad (2.27)$$

$$\beta = \frac{\pi \cdot 32(32 - 2,7)}{12 \cdot 384(46,28 + 32^2 \cdot 8,7 \cdot 10^{-5})} = 0,013 \text{ мм}^2 \quad (2.28)$$

$$\gamma = \frac{\pi \cdot 32 \cdot 0,08^3 \cdot 32^2}{10 \cdot 2,7 \cdot 384 \sqrt{\pi^2 32^2 - 32^2}} = 0,000053 \text{ мм}^2 \quad (2.29)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

Тоді продуктивність:

$$Q = \frac{708,33 \cdot 0,085 \cdot \frac{250}{60}}{0,085 + 0,013 + 0,000053} = 2560 \text{ мм}^3/\text{с} = 2,56 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.30)$$

При перерахунку продуктивності на кг/с, отримаємо вагову продуктивність:

$$\Pi = Q \cdot \rho = 3600 \cdot 2,56 \cdot 10^{-6} \cdot 940 = 87 \text{ кг}/\text{год} \quad (2.31)$$

ρ - густина ПНГ

Розрахункова продуктивність преса розрахована правильно $\Pi=87$ кг/год, при $n=250$ об/хв.

2.4 Розрахунок перепаду тиску в головці

Знаходимо значення швидкості зсуву в кожному каналі головки (рис 2.1) за методикою (4)

1-й круглий циліндричний канал:

$$\gamma_1 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 2560}{3,14 \cdot 2,2^3} = 2450 \text{ с}^{-1} \quad (2.32)$$

2-й конічний:

$$\gamma_2 = \frac{32Q}{\pi \left(\frac{d_1 + d_2}{2}\right)^3} = \frac{32 \cdot 2560}{\pi \left(\frac{2,2 + 10}{2}\right)^3} = 116 \text{ с}^{-1} \quad (2.33)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

3-й круглий циліндричний

$$\gamma_3 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 2560}{3,14 \cdot 10^3} = 26 \text{ c}^{-1} \quad (2.34)$$

4-й конічний:

$$\gamma_4 = \frac{32Q}{\pi \left(\frac{d_1 + d_2}{2}\right)^3} = \frac{32 \cdot 2560}{\pi \left(\frac{32 + 10}{2}\right)^3} = 2,8 \text{ c}^{-1} \quad (2.35)$$

5-й круглий циліндричний

$$\gamma_5 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 2560}{3,14 \cdot 32^3} = 0,79 \text{ c}^{-1} \quad (2.36)$$

По графіку залежності $\mu = f(\gamma)$ [12] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу на кожному участку головки

$$\mu_1 = 2 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad \mu_2 = 3,2 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad \mu_3 = 4,3 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}, \\ \mu_4 = 5,1 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad \mu_5 = 6,4 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Тоді перепад тиску в кожному каналі головки буде:

$$P_i = \mu_i \cdot Q \cdot \frac{1}{K_i} \quad (2.37)$$

$$P_1 = 2 \cdot 10^4 \cdot 2,56 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{0,11} = 230 \text{ МПа}$$

$$P_2 = 3,2 \cdot 10^4 \cdot 2,56 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{0,85} = 960 \text{ МПа}$$

$$P_3 = 4,3 \cdot 10^4 \cdot 2,56 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{3,5} = 110 \text{ МПа}$$

$$P_4 = 5,1 \cdot 10^4 \cdot 2,56 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{477} = 27 \text{ МПа}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

$$P_5 = 6.4 \cdot 10^4 \cdot 2.56 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{321.5} = 50 \text{ МПа}$$

Загальний перепад тиску в головці:

$$\Delta P_r = (230 + 960 + 110 + 27 + 50) \cdot 10^6 = 1377 \text{ МПа} \quad (2.38)$$

2.5 Розрахунок потужності приводу

Потужність, яка витрачається черв'ячною машиною для переробки пластичних мас, йде на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на зріз матеріалу в зазорі між гребенем і внутрішньою стінкою циліндра або гільзи.

І. В каналі гвинтової нарізки потужність, що витрачається:

$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (t - e) \cdot L \cdot j \cdot \mu_k \cdot n^2}{36t} + \frac{10^{-5} \cdot \alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6}, \quad (2.39)$$

де n – швидкість обертання черв'яка, об/хв, ΔP_r – перепад тиску в головці, МПа α – постійна прямого потоку, см^3 μ_k – в'язкість матеріалу в каналі, j – коефіцієнт, обчислюється за формулою.

$$j = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{\pi^2 \cdot 32^2 - 4 \cdot 32^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot 32^5}{32^2 + \pi^2 \cdot 32^2} = 31661 \quad (2.5.2)$$

Знайдемо значення γ_k швидкість зсуву в каналі екструдера:

$$\gamma_k = \frac{\pi^2 D^2 n}{h_2 \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + 2t^2}} = \frac{\pi^2 \cdot 32^2 \cdot 250/60}{1.2 \sqrt{\pi^2 \cdot 32^2 + 2 \cdot 32^2}} = 318,11 \text{ с}^{-1} \quad (2.40)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

По графіку залежності $\mu = f(\gamma)$ [4] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу в каналі:

$$\mu_k = 2,2 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Тоді витрати потужність в каналі:

$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (32-2.7) \cdot 384 \cdot 31661 \cdot 2,2 \cdot 10^4 \cdot 250^2}{36 \cdot 32} + \frac{10^{-5} \cdot 46,28 \cdot 13,77 \cdot 10^3 \cdot 250}{6} = 1,58 \text{ кВт} \quad (2.41)$$

II. Потужність, що витрачається в зазорі між гребнем черв'яка і корпусом екструдера.

$$N_2 = \frac{10^{-13} \pi^3 e L D^3 \mu_k n^2}{36 t \sigma} \quad (2.42)$$

Знайдемо значення швидкості зсуву:

$$\gamma_3 = \frac{\pi D n}{\sigma} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 250 / 60}{0,08} = 5233 \text{ с}^{-1} \quad (2.43)$$

По графіку залежності $\mu = f(\gamma)$ [4] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу в каналі:

$$\mu_3 = 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Потужність в зазорі:

$$N_2 = \frac{10^{-13} \pi^3 \cdot 2,7 \cdot 384 \cdot 32^3 \cdot 10^4 \cdot 250^2}{36 \cdot 32 \cdot 0.08} = 2,26 \text{ кВт} \quad (2.44)$$

Загальна потужність що споживається в зоні дозування дорівнює:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

$$N_{\text{д}} = N_1 + N_2 = 1,58 + 2,26 = 3,84 \text{ кВт.} \quad (2.45)$$

Потужність, що споживається на всій довжині черв'яка дорівнює:

$$N_{\text{ч}} = 2N_{\text{д}} = 2 \cdot 3,84 = 7,68 \text{ кВт} \quad (2.46)$$

Враховуючи КПД машини ($\eta = 0.65 \dots 0.75$) потужність дорівнює:

$$N_{\text{д}} = \frac{N}{\eta} = \frac{7,68}{0,85} = 9,03 \text{ кВт} \quad (2.47)$$

По проведеним розрахункам вибираємо асинхронний двигун типу 4А132М4У3 по ГОСТ 19523-74 потужністю $N=15$ кВт; з синхронною частотою обертання – 1500 об/хв; габаритні розміри якого 194х221х152мм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК АГРЕГАТУ ДЛЯ ГРАНУЛЯЦІЇ

Мета розрахунку: визначити кількість тепла, яку необхідно підвести електронагрівачами.

Вихідні дані:

| | |
|---|-------|
| Потужність, встановлена електродвигуном, N , кВт | 15; |
| Продуктивність по ПНГ, G_m , кг/год | 87; |
| Початкова температура матеріалу, T_{II} , К, | 293; |
| Кінцева температура матеріалу, T , К | 498; |
| Температура поверхні кожуха, $T_{кож}$, К | 318; |
| Температура повітря, $T_{п}$, К | 293; |
| Діаметр теплообмінної поверхні, D_n , м | 0,32; |
| Довжина теплообмінної поверхні, L , м | 0,8; |
| ККД приводу преса, η_1 | 0,75; |
| ККД електродвигуна, η_2 | 0,9; |
| ККД перетворення механічної енергії в теплову, η_3 | 0,78; |
| Коефіцієнт теплоємності ПНГ, C кДж/(кг·К) | 2; |
| Ступінь чорноти матеріалу кожуха, E | 0,6; |

Тепловий баланс преса:

$$Q_N + Q_{Q_1} = G_M \cdot C_M \cdot (T_{кож} - T_1) + Q_{втр} + Q_{ох}, \quad (3.1)$$

де Q_N – кількість тепла, яке виділяється при використанні потужності:

$$Q_N = N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 15 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,78 = 8 \text{ кВт}, \quad (3.2)$$

$Q_{втр}$ – втрати тепла в оточуюче середовище:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

$$Q_{\text{втр}} = Q_k + Q_{\text{випр}}, \quad (3.3)$$

де Q_k – втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

$$Q_k = \alpha_k F (T_{\text{кож}} - T_{\text{в}}), \quad (3.4)$$

де F – теплообмінна поверхня екструдера:

$$F = \Pi \cdot D_{\Pi} \cdot L = 3,14 \cdot 0,32 \cdot 0,8 = 0,803 \text{ м}^2, \quad (3.5)$$

де α_k – коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначений за формулою:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_m}{D_{\Pi}}, \quad (3.6)$$

де Nu – критерій Нуссельта, λ_m - коефіцієнт теплопровідності при середній температурі.

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

$$Nu = C \cdot (Cr \cdot Pr)_m^n \quad (3.7)$$

де Cr – критерій Грасгофа, визначений за формулою:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu_m^2} \quad (3.8)$$

Розрахункова температура:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

$$T_p = \frac{T_{\text{кож}} + T_{\text{п}}}{2} = \frac{318 + 293}{2} = 305,5 \text{ К} = 32,5 \text{ С}^\circ \quad (3.9)$$

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі: $\lambda_m = 0,43 \text{ Вт/(м·К)}$ – коефіцієнт теплопровідності, $\nu_m = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості, $Pr = 0,7$ – критерій Прандтля.

Знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\mu^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,66^3 \cdot 9,81 \cdot 10^{12}}{12,5^2} (45 - 20) \\ = 148 \cdot 10^6 \quad (3.10)$$

Добуток $Gr \cdot Pr$:

$$Gr \cdot Pr = (148 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 103 \cdot 10^6 \quad (3.11)$$

Знаходимо критерій Нуссельта:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)_m^n = 0,5 \cdot (103 \cdot 10^6)^{0,25} = 50,4 \quad (3.12)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначається за формулою:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_m}{D_{\text{п}}} = \frac{50,4 \cdot 0,43}{0,32} = 68 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (3.13)$$

Втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією за формулою

$$Q_k = \alpha_k F (T_{\text{кож}} - T_{\text{в}}) = 68 \cdot 0,8 (318 - 293) = 1355 \text{ Вт} \quad (3.14)$$

Втрати тепла в оточуюче середовище випромінюванням:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

$$Q_{\text{випр}} = 5,67EF \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 5,67 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \left(\left(\frac{318}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) = 78 \text{ Вт} \quad (3.15)$$

де T_1 – абсолютна температура кожуха, °C, T_2 – абсолютна температура оточуючого середовища, °C.

$$Q_{\text{втр}} = Q_k + Q_{\text{випр}} = 1355 + 78 = 1432 \text{ Вт.} \quad (3.16)$$

Кількість тепла, яка йде на охолодження черв'яка:

$$Q_{\text{ох}} = C_v \cdot G_v \cdot \Delta t = 4200 \cdot 0,48 \cdot 13 = 26208 \text{ Вт,} \quad (3.17)$$

де $C_v = 4,2 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ – теплоємність води, $\Delta t = 10-15 \text{ }^\circ\text{C}$ – перепад температури води на вході і виході із зони охолодження, $G_v = f \cdot w \cdot p$ – кількість протікаючої води, $p = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води, $w = (0,4 - 0,8) \text{ м/с}$ – швидкість течії води, f – площа пересічення підходящих трубок.

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,032^2}{4} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (3.18)$$

$$G_v = f \cdot w \cdot p = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6 \cdot 1000 = 0,48 \text{ кг/с.} \quad (3.19)$$

Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$Q_{Q_1} = G_m C_m (T_{\text{кож}} - T_v) + Q_{\text{втр}} + Q_{\text{ох}} - Q_N = 87 \cdot 2(498 - 293) + 1432 + 26208 - 8000 = 123000 \text{ кДж/год} - 9510 \text{ Вт} = 34116 - 19640 = 14,4 \text{ кВт} \quad (3.20)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

Таким чином, для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище в пресі встановлено 7 нагрівачів потужністю 2 кВт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

ВИСНОВКИ

За результатами розрахунків підтверджено міцність, жорсткість та витривалість основного робочого органу агрегату черв'ячного – черв'яка.

Параметричні розрахунки дозволили сконструювати черв'як за визначеними розмірами. Визначити коефіцієнт геометричної форми головки формуючої модернізованої на базі цього підтвердити необхідні технологічні параметри: продуктивність агрегату черв'ячного, перепад тиску у головці формуючої та потужність приводу агрегату

Таким чином працездатність модернізованого обладнання підтверджено.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

ЛІТЕРАТУРА

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Учеб. для вузов. – М.Химия, 1986, с.488.

2. Калинин Э.Л., Калинин Е.И., Саковцева М.Б. Оборудование для литья пластмасс под давлением: Расчет и конструирование – М.: Машиностроение, 1985 – 256с.

3. Малиновський В.В. Процеси та апарати хімічних виробництв. Теплові процеси.– К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 99 с.

4. Справочник: теплофизические и реологические характеристики термопластов.

5. Сівецький В.І. Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів/ К.-Політехніка,202, с.150

6. ГОСТ 19523-74. Машины электрические вращающиеся от 50 до 355 габарта. Двигатели асинхронный серии 4А трехфазные с коротко замкнутым ротором. Технические условия.

7. Щербина В.Ю., Чемерис А.О. Конструкторське проектування обладнання. Курсовий проект [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 38 с. URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25664>

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------------|------|
| | | | | | ЛП51(1).012186.01-70ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Зміст

1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ 3

1.1 ОПИС ТА ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ 4

1.2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ..... 5

2. ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ 6

2.1 РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ 6

ВИСНОВКИ 9

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------------|---------------|-------------|--|----------------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>ЛП51(1).012186.03-70TE</i> | | | |
| | | | | | | | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Артем'єва І.С.</i> | | | <i>Устаткування для грануляції з модернізацією формуючої головки</i> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Акрушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Борицьк С.О</i> | | | | | <i>2</i> | |
| <i>Керівник</i> | | | | | | <i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i> | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Гондляр О.В.</i> | | | | | | |

1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – корпусу підшипника (рис 1.1) і вибір пристосування для однієї з операцій виготовлення деталі.

У процесі виконання роботи вирішуються такі завдання, як: розробка технології виготовлення деталі „корпус підшипника”, в яку входить вибір методу отримання заготовки, вибір устаткування і інструментів для кожної операції.

Для отримання заготовки (рис. 1.2) використовуємо метод лиття в піщано–глинисті форми металевих моделей з машинним формуванням. Найбільш ефективним способом отримання заготовки з сірого чавуну є лиття. Конфігурація виливка нескладна і дозволяє забезпечити легке вилучення її моделі з форми. За допомогою стрижня можна отримати поглиблення під ступінчастий отвір Ø78 і Ø70.

Аналіз технологічності конструкції корпусу дозволяє зробити наступні висновки:

- Конструкція відрізняється високою жорсткістю і допускає високі режими різання і широке використання підвищених режимів різання;
- Конструкція забезпечує вільний доступ ріжучого і вимірювального інструмента до оброблюваної поверхні.
- Всі оброблювані поверхні і отвори, або паралельні, або розташовані під прямим кутом один до одного;
- Більшість поверхонь і отворів можна обробити стандартним інструментом.

В цілому конструкція корпусу технологічна.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арж. |
| | | | | | | 3 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

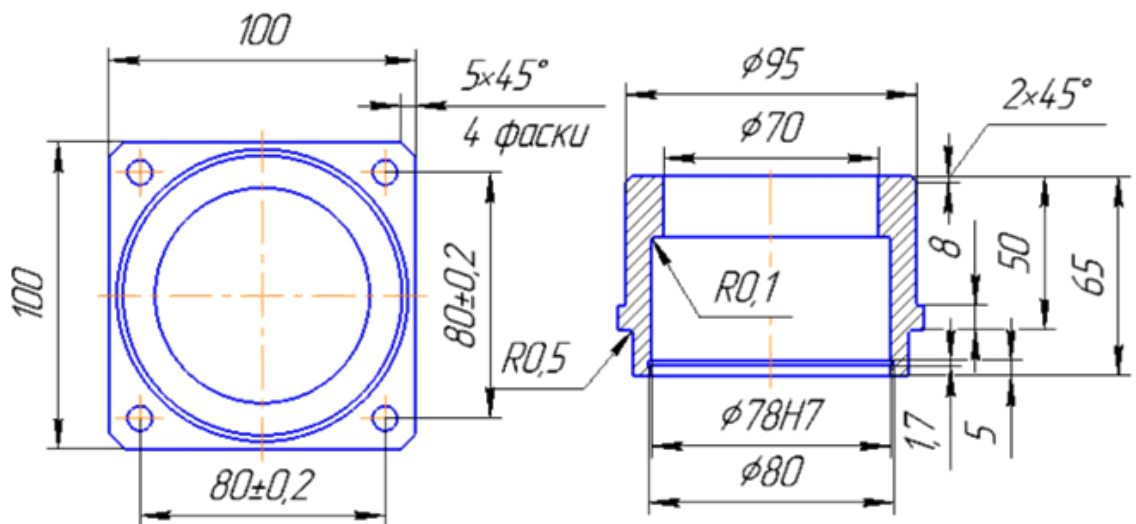


Рисунок 1.1 – Корпус підшипника

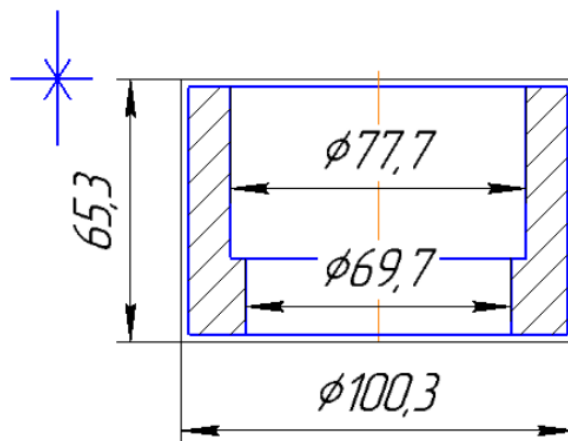


Рисунок 1.2 – Заготовка корпуса підшипника

1.1 Опис та призначення деталі

Корпус відноситься до класу деталей типу «полі циліндри». Деталі цього класу – тіла обертання, що мають діаметр більше товщину стінки.

Корпус виготовляється із чавуну СЧ15, що має такий хімічний склад та фізико–механічні властивості:

| | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|------|
| | | | | | Арк. |
| | | | | | 4 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

Хімічний склад в % матеріала СЧ15
ГОСТ 1412-85

| С | Si | Mn | S | P |
|---------|---------|-------|---------|--------|
| 3.3-3.5 | 1.4-2.4 | 0.7-1 | до 0.15 | до 0.2 |

Механічні властивості при T=20°C матеріалу СЧ15

| Сортамент | Розмір | Напр. | σ_B | σ_T | δ_5 | γ | KCU |
|------------------------|--------|-------|------------|------------|------------|----------|--------------------|
| - | мм | - | МПа | МПа | % | % | кДж/м ² |
| Відливка, ГОСТ 1412-85 | | | 200 | | | | |

| | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Твердість СЧ15, ГОСТ 1412-85 | HB 10 ⁻¹ = 143-255 МПа |
|------------------------------|-----------------------------------|

1.2 Технологічний процес виготовлення деталі

Процес виготовлення корпусу наводимо в маршрутній карті та операційних картах. Схема базування заготовки і типу установочних елементів визначенні технологом.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 5 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

2. ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ

Для здійснення операції свердління доцільно в якості пристосування вибрати кондуктор (ЛП51(1).01186.03-70ТЕ). Пристрій для обробки, у якому виконується свердління чотирьох отворів Ø10 – кондуктор для свердління. Свердління отворів з використанням кондуктора зазвичай застосовують при масовому виготовленні однакових деталей. Кондуктор – це шаблон з відповідними отворами, який накладають на оброблювану заготовку і міцно скріплюють з нею. Використовується в машинобудуванні для спрощення процесу обробки деталі. Деталь 1 базується на пальцях 2 і 3 обробленим внутрішнім діаметром та торцем, та при цьому палець 2 закріплено у корпусі кондуктора 4, а палець 3 у рухомій кондукторній плиті 6. Затискання деталі відбувається рухомою кондукторною плитою 6 та закріпленням на ній пальцем 3. Плита 6 рухається за допомогою переміщення вздовж опорних стрижнів 5. Для свердління отворів передбачені сталі швидкознімні загартовані втулки 7, що закріплені у плиті 6, які використовуються як напрямні для свердла.

2.1 Розрахунок пристосування

У процесі обробки на заготовку з боку ріжучого інструменту діють сили різання, які прагнуть зрушити її з установочних елементів. Для того, аби цього не відбулося, заготовку необхідно закріпити.

У випадку розсвердлюванні отворів у кондукторі (Рис. 4), який розглядається, величина сили затискання визначається із рівності:

$$Q = \frac{M_{\text{кр}}}{f \cdot r}$$

де $M_{\text{кр}}$ – крутний момент свердла;

f – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях.

| | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------|
| | | | | | Арк. 6 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

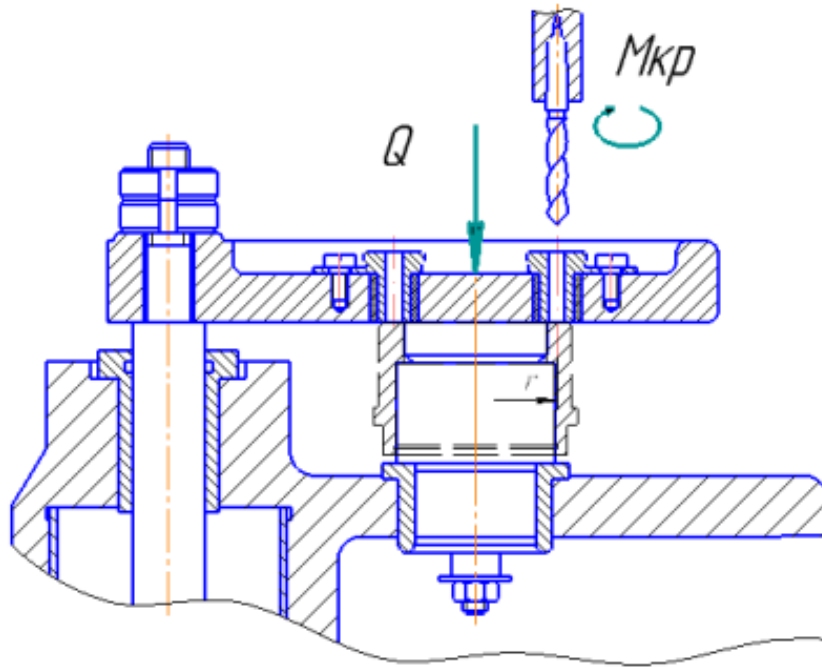


Рис.4 – Схема затискання і сили, що діють на деталь

Для забезпечення надійності, силу затискання додатково збільшують на величину коефіцієнту запасу K , тоді формула для знаходження сили затискання набуває остаточного вигляду:

$$Q = \frac{K \cdot M_{кр}}{f \cdot r}$$

Обертаючий момент $M_{кр}$:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p$$

де коефіцієнти $C_m=0,0345$, $q = 2$, $y = 0,8$; $S = 0,2$ мм/об – подача свердла;

K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, у даному випадку залежить лише від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається як:

$$K_p = K_{мр} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^2 = \left(\frac{600}{750} \right)^{0.75/0.35} = 0.6$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арх. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Остаточно:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.0354 \cdot 8^2 \cdot 0.2^{0.8} \cdot 0.6 = 3.65 \text{ Нм}$$

Коефіцієнт запасу К:

$$K=K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу для усіх пристроїв;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні оброблюваної заготовки;

$K_2 = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив сил різання від прогресуючого затуплення інструменту;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні;

$K_4 = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, яка створюється приводом пристосування;

$K_5 = 1$ – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток у затискному пристрої;

$K_6 = 1$ – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, які намагаються повернути заготовку.

Значення коефіцієнта запасу:

$$K=1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1=1,8.$$

Остаточно сила затискання заготовки у пристосуванні:

$$Q = \frac{1.8 \cdot 3.65}{0.3 \cdot 0.04} = 548 \text{ Н},$$

де $r = 0.04 \text{ м}$ – відстань від точки прикладання сили затискання до місця свердління;

$f = 0,3$ – коефіцієнт тертя для гладких поверхонь.

Приймаємо силу затиску $Q = 0,6 \text{ кН}$.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арх. |
| | | | | | | 8 |
| Зм. | Арх. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

В розділі технологія машинобудування було розроблено технологічний процес виготовлення деталі – корпусу підшипника та вибрано пристосування для однієї з операцій виготовлення деталі.

У процесі виконання роботи вирішено такі завдання, як: розробка технології виготовлення деталі „корпус підшипника”, в яку входить вибір методу отримання заготовки, вибір устаткування і інструментів для всіх операцій.

В процесі зроблено креслення пристосування «кондуктор для масового виробництва з чотирма отворами.», розроблено операційні карти та маршрутну карту та специфікації. За допомогою пристосування зменшиться час налагодження устаткування та як наслідок скоротяться терміни та собівартість підготовки виробництва.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арх. |
| | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |